

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-212623

(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.Cl.

G06T 1/00

G01T 1/00

(21)Application number : 08-014512

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 30.01.1996

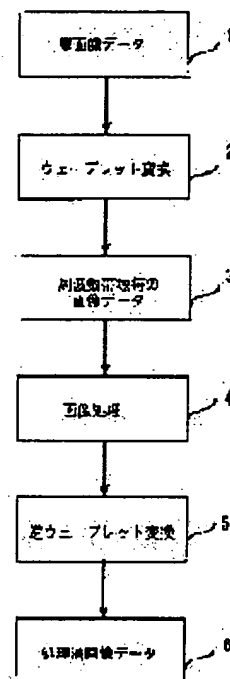
(72)Inventor : SHIMURA KAZUO

## (54) IMAGE PROCESSING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce only noise components without reducing required areas in images in an image processing method for performing the multiplex resolution conversion of source image data and executing an image processing for reducing noise.

**SOLUTION:** Wavelet conversion 3 is executed to the source image data 1 and image data 3 for respective plural frequency bands are obtained. Then, the image processing 4 for turning a signal value below a prescribed threshold value to '0' is performed to the respective image data 3. Thereafter, inverse wavelet conversion 5 is executed to the image data 3 to which the image processing 4 is performed and processed image data 6 are obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-212623

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 1/00			G 0 6 F 15/62	3 9 0 A
G 0 1 T 1/00			G 0 1 T 1/00	B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-14512  
(22) 出願日 平成8年(1996)1月30日

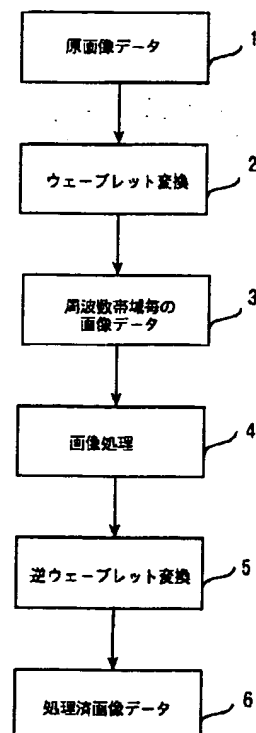
(71) 出願人 000005201  
富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地  
(72) 発明者 志村 一男  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像処理方法

(57) 【要約】

【目的】 原画像データを多重解像変換してノイズを低減する画像処理を施す画像処理方法において、画像中必要な領域を低減することなく、ノイズ成分のみを低減させる。

【構成】 原画像データ1に対してウェーブレット変換3を施し、複数の周波数帯域毎の画像データ3を得る。次いで、各画像データ3に対して所定の閾値以下の信号値を0とする画像処理4を行う。その後画像処理4が施された画像データ3に対して逆ウェーブレット変換5を施し、処理済画像データ6を得る。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線画像を表す画像信号を多重解像度空間に変換することにより、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解し、該複数の周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域画像信号に対して、該各信号値の絶対値が所定の閾値以下の信号値を0とする処理を施し、該処理が施された周波数帯域画像信号および他の周波数帯域画像信号を逆変換することにより処理済画像信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 前記周波数帯域画像信号のうち比較的中間周波数帯域の周波数帯域画像信号について、前記所定の閾値を他の周波数帯域の閾値よりも大きくすることを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項3】 前記周波数帯域画像信号の比較的低濃度部分の前記閾値を、前記周波数帯域画像信号の比較的高濃度部分の前記閾値よりも大きくすることを特徴とする請求項1または2記載の画像処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は放射線画像における所定の周波数帯域に画像処理を施す画像処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】画像を表す画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生表示することが種々の分野で行われている。例えば放射線画像の診断性能を向上させるために、画像信号に対してボケマスク\*

2

\*処理等の周波数強調処理を施す方法が本出願人により提案されている（特開昭55-163772等）。この周波数処理は、原画像を表す画像信号からボケマスク信号を減算したものに強調度を乗じたものを加える処理を施すもので、これにより画像において所定の空間周波数成分を強調するようにしたものである。

【0003】一方、上述した画像信号を処理するための方法として、画像を複数の周波数帯域毎の多重解像度画像に変換し、各周波数帯域の画像に対して所定の処理を行って、再度これを逆多重解像度変換することにより、最終的な処理済画像を得るための多重解像度変換なる方法が提案されている。この多重解像度変換の方法としてはウェーブレット変換、ラプラシアンピラミッドあるいはフーリエ変換等の方法が知られている。

【0004】ここで、ウェーブレット変換について説明する。

【0005】ウェーブレット変換は、周波数解析の方法として近年開発されたものであり、ステレオのパターンマッチング、データ圧縮等に応用がなされているものである（OLIVIER RIOUL and MARTIN VETTERLI; Wavelets and Signal Processing, IEEE SP MAGAZINE, P.14-38, OCTOBER 1991, Stephane Mallat; Zero-Crossings of a Wavelet Transform, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, VOL.37, NO.4, P.1019-1033, JULY 1991）。

【0006】このウェーブレット変換は、図9に示すような関数hを基底関数として、

【0007】

【数1】

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) h(a, b) dt \quad \dots (3)$$

但し、 $f(t)$  : 任意の波形の信号

$W(a, b)$  :  $f(t)$  のウェーブレット変換

$$h(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} h\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

a : 関数の縮率

b : 水平軸方向の移動量

【0008】なる式においてデータを複数の周波数帯域毎の周波数信号に変換するため、フーリエ変換のような偽振動の問題が発生しない。すなわち、関数hの周期および縮率を変化させ、原信号を移動させることによりフィルタリング処理を行えば、細かな周波数から粗い周波数までの所望とする周波数に適合した周波数信号を作成することができる。例えば、図10に示すように、信号Sorgをウェーブレット変換し、各周波数帯域毎に逆ウェーブレット変換した信号と、図11に示すように信号Sorgをフーリエ変換し、各周波数帯域毎に逆フーリエ

変換した信号で見ると、ウェーブレット変換はフーリエ変換と比べて原信号Sorgの振動と対応した周波数帯域の周波数信号を得ることができる。すなわち、フーリエ変換において原信号Sorgの部分Bと対応する周波数帯域7の部分B'には振動が発生しているのに対し、ウェーブレット変換では原信号Sorgの部分Aと対応する周波数帯域W7の部分A'には原信号と同様に振動は発生していないものとなる。

【0009】一方、ラプラシアンピラミッドなる方法はいくつか例えば特開平5-244508号、特開平6-96200、特開平6-30

(3)

3

1766号に記載されており、このラブラシアンピラミッドは、原画像に対してガウス関数で近似されたようなマスクによりマスク処理を施した後、画像をサブサンプリングして画素数を間引いて半分にすることにより、原画像の $1/4$ のサイズのボケ画像を得、このボケ画像のサンプリングされた画素に値が0の画素を補間して元の大きさの画像に戻し、この画像に対してさらに上述したマスクによりマスク処理を施してボケ画像を得、このボケ画像を原画像から減算して原画像の所定の周波数帯域を表す細部画像を得るものである。この処理を得られたボケ画像に対して繰り返すことにより原画像の $1/2^{2N}$ の大きさのボケ画像をN個作成するものである。ここで、ガウス関数で近似されたようなマスクによりマスク処理を施した画像に対してサンプリングを行っているため、実際にはガウシアンフィルタを用いているが、ラブラシアンフィルタをかけた場合と同様の処理済画像が得られる。そしてこのように原画像サイズの画像から順に $1/2^{2N}$ の大きさの低周波数帯域の画像が得られるため、この処理の結果得られた画像はラブラシアンピラミッドと呼ばれる。

【0010】なお、このラブラシアンピラミッドについては、Burt P.J., "Fast Filter Transforms for Image Processing", Computer Graphics and Image Processing 16巻、20~51頁、1981年; Crowley J.L., Stern R. M., "Fast Computation of the Difference of Low-Pass Transform" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence、6巻、2号、1984年3月、Mallat S.G., "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition; The Wavelet Representation" IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence、11巻、7号、1989年7月; Ebrahimi T., Kunt M., "Image compression by Gabor Expansion", Optical Engineering、30巻、7号、873~880頁、1991年7月、および Pieter Vuytsteke, Emile Schoeters, "Multiscale Image Contrast Amplification" SPIE Vol. 2167 Image Processing (1994), pp551~560 に詳細が記載されている。

【0011】そしてこのようにして得られたラブラシアンピラミッドの全ての周波数帯域の画像に対して、画像の値を強調するような処理を施し、この強調処理が施された各周波数帯域の画像を逆変換して処理済画像を得る方法が上記特開平6-301766号に記載されている。この方法は、各周波数帯域の画像信号に対して、下記の式

$$y = -m \times (-x/m)^p \quad (x < 0)$$

$$y = m \times (-x/m)^p \quad (x \geq 0)$$

但し、 $x$ ：画像の各画素における画素値

$y$ ：強調処理が施された画像の各画素における画素値

$m$ ：画素のとりうる値の範囲（例えば、画素のとりうる値の範囲が10ビットである場合 $m=1023$ となる。）

により画像の強調を行うものである。すなわち、 $p$ の値

4

が小さいほど強調度が大きく、 $p$ の値が大きいほど強調度が小さくされて画像の強調が行われる。そしてこのように処理が施された画像は、各周波数帯域において画像が強調されているため、実質的に上述したボケマスク処理において複数のサイズのマスクによりボケマスク処理を施したような画像となっている。

【0012】一方、放射線画像においては、放射線量が少なく濃度が低い部分において、放射線の量子ノイズが目立ってしまう。このため、上記特開平6-96200号においては、放射線画像をラブラシアンピラミッドにより複数の周波数帯域の画像に分解し、各周波数帯域の画像に対して、各周波数帯域の画像信号の局所分散値を算出し、この局所分散値の大きさに応じて画像信号に対して非線形処理を施し、画像中のノイズ成分を低減するようにしている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平6-96200号に記載された方法においては、各周波数帯域の画像信号の局所分散値に基づいて処理を行うようにしているため、放射線画像中にノイズ以外の必要な成分が含まれている場合には、分散値が大きくなり、よりノイズを低減することができることとなるが、同時に必要な成分をも除去することになってしまう。このため、処理を施すことにより得られた画像において、ノイズだけではなく画像中必要な成分までもが除去されてしまい、処理がなされた放射線画像を観察する上で好ましくない。

【0014】本発明は上記事情に鑑み、放射線画像中の必要な成分を除去することなく、ノイズ成分のみを除去することができる画像処理方法を提供することを目的とするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明による画像処理方法は、放射線画像を表す画像信号を多重解像度空間に変換することにより、該画像信号を複数の周波数帯域毎の画像を表す周波数帯域画像信号に分解し、該複数の周波数帯域画像信号のうち所定の周波数帯域画像信号に対して、該各信号値の絶対値が所定の閾値以下の信号値を0とする処理を施し、該処理が施された周波数帯域画像信号および他の周波数帯域画像信号を逆変換することにより処理済画像信号を得ることを特徴とするものである。

【0016】また、上記画像処理方法においては、前記周波数帯域画像信号のうち比較的中間周波数帯域の周波数帯域画像信号について、前記所定の閾値を他の周波数帯域の閾値よりも大きくすることが好ましい。

【0017】さらに、前記周波数帯域画像信号の比較的低濃度部分の前記閾値を前記周波数帯域画像信号の比較的高濃度部分の前記閾値よりも大きくすることが好ましい。

【0018】

【発明の効果】放射線画像において、ノイズが目立つの

(4)

5

は比較的信号値が小さい低濃度部分である。本発明による画像処理方法は、多重解像度空間に変換された複数の周波数帯域の画像信号に対して、この画像信号値の絶対値が所定の閾値以下の信号を0とする処理を施すようにしたため、ノイズが目立つ比較的信号値の低濃度部分は信号値が0となる。したがって、画像中のノイズと見なせる低濃度部分を0とすることができ、これにより画像中のノイズ成分を除去することができる。

【0019】また、比較的中間周波数帯域の画像信号に対しては、他の周波数帯域の画像信号よりも閾値を高くすることにより、ノイズが目立つ中間周波数帯域については、より濃度の高い部分から信号値が0とされるため、ノイズをより一層低減することができる。

【0020】さらに、ノイズを低減させる際に、同時に画像中の必要な信号成分をも低減させてしまうことがあるが、低濃度部の閾値を高濃度部の閾値よりも大きくすることにより、ノイズを低減する必要のない高濃度域において、ノイズはほとんど低減されず、ノイズが目立つ低濃度域においてのみ低減されることとなり、画像中のノイズをより効果的に低減することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0022】図1は本発明による画像処理方法の基本的概念を表す図である。図1に示すように、本発明による画像処理方法は、放射線画像を表す原画像データ1に対してウェーブレット変換2を施して複数の周波数帯域毎の画像データ3を得る。次いで、各画像データ3に対して後述するような画像処理4を施す。そしてこの画像処理が施された画像データ3に対して逆ウェーブレット変換5を施して最終的な処理済画像データ6を得るものである。

【0023】以下本発明による実施の形態の詳細について説明する。

【0024】本実施の形態は、例えば特開昭55-12492号公報や特開昭56-11395号等に記録されている蓄積性蛍光\*

6

\*体シートを利用した放射線画像情報記録再生システムにおいて、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像データとして読み取ったものを対象としている。なお、放射線画像の読み取りは、図2に示すように、蓄積性蛍光体シート10に対して主走査方向（横方向）にレーザビームを走査させながらシート10を副走査方向（縦方向）に移動させてシート10を2次元走査することにより行われたものである。

【0025】次いで、原画像データに対してウェーブレット変換がなされる。

【0026】図3は、原画像データ Sorg に対するウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0027】なお、本実施の形態においては、ウェーブレット変換の各係数が直交する直交ウェーブレット変換を行うものであり、前述したMarc Antonini らの文献に記載されているものである。

【0028】図3に示すように、原画像データ Sorg の主走査方向に基本ウェーブレット関数より求められる関数  $g$  と関数  $h$  とによりフィルタリング処理を行う。すなわち、このような関数  $g$ 、 $h$  による主走査方向に並ぶ画素の列毎のフィルタリング処理を副走査方向に一画素ずつずらしながら行い、原画像データ Sorg の主走査方向のウェーブレット変換係数信号  $Wg0$ 、 $Wh0$  を求めるものである。

【0029】ここで、関数  $g$ 、 $h$  は基本ウェーブレット関数より一意に求められるものであり、例えば、関数  $h$  は、以下の表1に示すものとなる。なお、表1において関数  $h'$  は、ウェーブレット変換がなされた画像データに逆ウェーブレット変換を行う際に用いる関数を表すものである。また以下の式(2)に示すように関数  $g$  は関数  $h'$  から求められ、逆ウェーブレット変換を行うための関数  $g'$  は関数  $h$  から求められる。

【0030】

【表1】

$n$	0	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$
$2^{-1/2}h$	0.802949	0.268864	-0.078229	-0.016864	0.026749
$2^{-1/2}h'$	0.557543	0.295836	-0.028772	-0.045836	0

【0031】

$$g' = (-1)^n h$$

$$g = (-1)^n h' \quad \dots(2)$$

このようにして、ウェーブレット変換係数信号  $Wg0$ 、 $Wh0$  が求められると、ウェーブレット変換係数信号  $Wg0$ 、 $Wh0$  について、主走査方向の画素を1画素おきに間引き、主走査方向の画素数を1/2にする。ついで、この画素が間引かれたウェーブレット変換係数信号  $Wg0$ 、 $Wh0$  それぞれの副走査方向に関数  $g$ 、 $h$  によりフィルタリ

ング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WW0$ 、 $WV0$ 、 $VW0$  および  $VV0$  を得る。

【0032】次いでウェーブレット変換係数信号  $W$   $W0$ 、 $WV0$ 、 $VW0$  および  $VV0$  について、副走査方向の画素を1画素おきに間引くことを行い、副走査方向の画素数を1/2とする処理を行う。これにより、各ウェーブレット変換係数信号  $VV0$ 、 $WV0$ 、 $VW0$ 、 $WW0$  の画素数は原画像データ Sorg の画素数の1/4となる。次いで、ウェーブレット変換係数信号  $VV0$  の主走

(5)

7

査方向に関数  $g$ ,  $h$  によりフィルタリング処理を行う。

【0033】すなわち、関数  $g$ ,  $h$  により主走査方向に並ぶ画素の一行毎のフィルタリング処理を副走査方向に一画素ずつズラしながら行い、ウェーブレット変換係数信号  $VV_0$  の主走査方向のウェーブレット変換係数信号  $Wg_1$  および  $Wh_1$  を求めるものである。

【0034】ここでウェーブレット変換係数信号  $VV_0$  は主副両方向について画素数が原画像データの  $1/2$  となっているため、画像の解像度は原画像データと比較して半分となっている。したがって、ウェーブレット変換係数信号  $VV_0$  を関数  $g$ ,  $h$  でフィルタリング処理を施すことにより、原画像データの周波数成分のうちウェーブレット変換係数信号  $VV_0$  が表す周波数成分よりも低周波数成分を表すウェーブレット変換係数信号  $Wg_1$ ,  $Wh_1$  が求められる。

【0035】このようにして、ウェーブレット変換係数信号  $Wg_1$ ,  $Wh_1$  が求められると、ウェーブレット変換係数信号  $Wg_1$ ,  $Wh_1$  について、主走査方向の画素を 1 画素おきに間引き、主走査方向の画素数をさらに  $1/2$  とする。次いでウェーブレット変換係数信号  $Wg_1$ ,  $Wh_1$  それぞれの副走査方向に関数  $g$ ,  $h$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WW_1$ ,  $VV_1$ ,  $VW_1$  および  $VV_1$  を得る。

【0036】次いでウェーブレット変換係数信号  $WV_1$ ,  $WV_1$ ,  $VW_1$ ,  $VV_1$  について、副走査方向の画素を 1 画素おきに間引き、副走査方向の画素数を  $1/2$  とする処理を行う。これにより、各ウェーブレット変換係数信号  $VV_1$ ,  $WV_1$ ,  $VW_1$ ,  $WW_1$  の画素数は原画像データ  $Sorg$  の画素数の  $1/16$  となる。

【0037】以下、上述したと同様にして、画素が間引かれたウェーブレット変換係数信号  $VV_1$  の主走査方向に関数  $g$ ,  $h$  によりフィルタリング処理を行い、さらに得られたウェーブレット変換係数信号の主走査方向の画素を間引き、この画素を間引いたウェーブレット変換係数信号について、副走査方向に関数  $g$ ,  $h$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WV_2$ ,  $WV_2$ ,  $VW_2$ ,  $VV_2$  を得る。

【0038】このようなウェーブレット変換を  $N$  回繰り返すことによりウェーブレット変換係数信号  $WW_0 \sim WW_N$ ,  $WV_0 \sim WV_N$ ,  $VW_0 \sim VW_N$ , および  $VV_N$  を得る。ここで、 $N$  回目のウェーブレット変換により得られるウェーブレット変換係数信号  $WW_N$ ,  $WV_N$ ,  $VW_N$ ,  $VV_N$  は、原画像データと比較して主副各方向の画素数が  $(1/2)^N$  となっているため、各ウェーブレット変換係数信号は  $N$  が大きいほど周波数帯域が低く、原画像データの周波数成分のうち低周波数成分を表すデータとなる。

【0039】したがって、ウェーブレット変換係数信号  $WW_i$  ( $i=0 \sim N$ 、以下同様) は、原画像データ  $Sorg$  の主副両方向の周波数の変化を表すものであり、 $i$  が

8

大きいほど低周波信号となる。またウェーブレット変換係数信号  $WV_i$  は画像信号  $Sorg$  の主走査方向の周波数の変化を表すものであり、 $i$  が大きいほど低周波信号となる。さらにウェーブレット変換係数信号  $VW_i$  は画像信号  $Sorg$  の副走査方向の周波数の変化を表すものであり、 $i$  が大きいほど低周波信号となる。

【0040】ここで、図4にウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域毎に表す図を示す。なお、図4においては便宜上3回目のウェーブレット変換を行った状態までを表すものとする。なお、図4においてウェーブレット変換係数信号  $WW_3$  は原画像を主副各方向が  $(1/2)^3$  に縮小したのとなっている。

【0041】次いで、ウェーブレット変換係数信号  $WV_i$ ,  $VW_i$ ,  $WW_i$  に対して画像処理がなされる。以下この画像処理について説明する。

【0042】本実施の形態によりウェーブレット変換が施された放射線画像において、ノイズが目立つのは比較的信号値が小さい低濃度部分である。したがって、本発明による画像処理方法においては、上述したウェーブレット変換により得られた各ウェーブレット変換係数信号  $WV_i$ ,  $VW_i$ ,  $WW_i$  に対して、信号値の絶対値が所定の閾値以下の信号を 0 とする処理が施される。この処理は、各ウェーブレット変換係数信号  $WV_i$ ,  $VW_i$ ,  $WW_i$  に対して、図5に示すテーブルにより信号値を処理することにより行われる。図5に示すテーブルは、各ウェーブレット変換係数信号  $WV_i$ ,  $VW_i$ ,  $WW_i$  の信号値の絶対値が閾値  $Th_1$  より小さい信号値を 0 とするように処理を行うものである。なお、放射線画像の中間周波数帯域においては他の周波数帯域よりもノイズが目立つため、この中間周波数帯域においては他の周波数帯域よりも閾値を大きく設定することが好ましい。例えば図5の閾値  $Th_2$  のように閾値の絶対値が  $Th_1$  よりも大きい値を設定することが好ましい。

【0043】次いで、図5に示すテーブルにより処理が施されたウェーブレット変換係数信号  $WV_i$ ,  $VW_i$ ,  $WW_i$  に対して逆ウェーブレット変換を施す。

【0044】図6は、逆ウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0045】図6に示すように、まず各ウェーブレット変換係数信号  $VV_N$ ,  $VW_N$ ,  $WV_N$ ,  $WW_N$  について副走査方向に並ぶ画素間に 1 画素分の間隔をあける処理を行う(図では  $\times 2$  と表示)。次いでこの間隔がつけられたウェーブレット変換係数信号  $VV_N$  を副走査方向に前述した関数  $h$  とは異なる関数  $h'$  により、ウェーブレット変換係数信号  $VW_N$  を副走査方向に前述した関数  $g$  とは異なる関数  $g'$  によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数  $g'$ ,  $h'$  によるウェーブレット変換係数信号  $VV_N$ ,  $VW_N$  の副走査方向に並ぶ一列の画素毎のフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつズラしながら行い、ウェーブレット変換係数信号  $VV_N$ ,  $VW$

(6)

9

$N$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN'$  を得る。

【0046】このようにウェーブレット変換を行う関数と逆ウェーブレット変換を行う関数とを異なるものとしているのは、以下のような理由からである。ウェーブレット変換と逆ウェーブレット変換で同一の関数となる、すなわち、直交する関数を設計することは難しく、直交性、連続性、関数の長さ、対称性のいずれかの条件を緩める必要がある。そこで、直交性の条件を緩めることにより他の条件を満たす関数を選択したものである。

【0047】以上より、本実施の形態ではウェーブレット変換を行う関数  $h$ 、 $g$  と逆ウェーブレット変換を行う関数  $h'$ 、 $g'$  とを双直交の異なるものとしている。したがって、ウェーブレット変換係数信号  $VVi$ 、 $VWi$ 、 $WVi$ 、 $WWi$  を関数  $h'$ 、 $g'$  で逆ウェーブレット変換することにより、原画像データを完全に復元できることとなる。

【0048】一方、これと並列して、ウェーブレット変換係数信号  $WVN$  を副走査方向に関数  $h'$  により、ウェーブレット変換係数信号  $WWN$  を副走査方向に関数  $g'$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WVN$ 、 $WWN$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $WgN'$  を得る。

【0049】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN'$ 、 $WgN'$  について主走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う。その後逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN'$  を主走査方向に関数  $h'$  により、逆ウェーブレット変換係数信号  $WgN'$  を主走査方向に関数  $g'$  によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号  $WhN'$ 、 $WgN'$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $VVN-1'$  を得る。

【0050】次いでこの逆ウェーブレット変換係数信号  $VVN-1'$ 、ウェーブレット変換係数信号  $VWN-1$ 、 $VVN-1$ 、 $WWN-1$  について副走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う。その後この逆ウェーブレット変換係数信号  $VVN-1'$  を副走査方向に前述した関数  $h'$  により、ウェーブレット変換係数信号  $VWN-1$  を副走査方向に前述した関数  $g'$  によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数  $g'$ 、 $h'$  によるウェーブレット変換係数信号  $VVN-1'$ 、 $VWN-1$  の副走査方向に並ぶ一列の画素毎のフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつずらしながら行い、ウェーブレット変換係数信号  $VVN-1'$ 、 $VWN-1$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN-1'$  を得る。

【0051】一方、これと並列して、ウェーブレット変換係数信号  $WVN-1$  を副走査方向に関数  $h'$  により、ウ

10

ェーブレット変換係数信号  $WWN-1$  を副走査方向に関数  $g'$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WVN-1$ 、 $WWN-1$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $WgN-1'$  を得る。

【0052】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN-1'$ 、 $WgN-1'$  について主走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う。その後逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN-1'$  を主走査方向に関数  $h'$  により、逆ウェーブレット変換係数信号  $WgN-1'$  を主走査方向に関数  $g'$  によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号  $WhN-1'$ 、 $WgN-1'$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $VVN-2'$  を得る。

【0053】以下、順次逆ウェーブレット変換係数信号  $VVi'$  ( $i=-1 \sim N$ ) を作成し、最終的に逆ウェーブレット変換係数信号  $VV-1'$  を得る。この最終的な逆ウェーブレット変換係数信号  $VV-1'$  が処理済画像データ6を表すものとなる。

【0054】このようにして得られたウェーブレット変換係数信号  $VV-1'$  は図示しない画像再生装置に送られて、放射線画像の再生に供せられる。

【0055】この再生装置は、CRT等のディスプレイ手段でもよいし、感光フィルムに光走査記録を行う記録装置であってもよい。

【0056】ここで、再生された画像における比較的低濃度の部分は、上述したように信号値を0とする処理が施されているため、再生された画像におけるノイズ成分は低減されているものである。したがって、ノイズのない高画質の画像を再生されることとなる。

【0057】なお、上述した処理において原画像データに対してウェーブレット変換を施す前に、図7に示すようなテーブルにより原画像データを変換することが考えられる。このようなテーブルにより原画像データを変換することにより、低濃度部の信号コントラストを高濃度部と比較して相対的に低下させることができる。そして変換された原画像データに対してウェーブレット変換を施した後、上述した図5に示すテーブルにより各ウェーブレット変換係数信号  $WVi$ 、 $VWi$ 、 $WWi$  に対して閾値処理を行うと、低濃度部は高濃度部と比較して相対的に高い閾値処理を施したこととなる。そして、閾値を調整することにより高濃度部に対してはほとんど閾値処理が施されないようにすることもできる。そして処理が施されたウェーブレット変換係数信号  $WVi$ 、 $VWi$ 、 $WWi$  を逆ウェーブレット変換して逆ウェーブレット変換信号を得、この逆ウェーブレット変換信号に対して図7により低下されたコントラストを元のコントラストに戻す処理を行う。この処理は図8に示すテーブルにより逆ウェーブレット変換信号を変換することにより行う。そしてこの図8に示すテーブルにより処理された信号が



(7)

11

最終的な処理済画像データ 6 となる。この処理済画像データ 6 は上述した実施の形態と同様に再生に供される。

【0058】このような処理を行うことにより、低濃度部のノイズのみがより一層低減され、高濃度部に対してはほとんどノイズが低減されないようにすることができ、これによりノイズが目立つ低濃度領域のみを効果的に低減することができる。

\*

n	0	± 1	± 2	± 3	± 4
$2^{-1/2}h$	0.6	0.25	-0.05	0	0
$2^{-1/2}h'$	17/28	73/280	-3/56	-3/280	0

12

\*【0059】また、上述した実施の形態においては、ウェーブレット変換を行うための関数  $h$ ,  $h'$  として表 1 に示すものを用いたが、これに限定されるものではなく以下に示す表 2、表 3 に示すものを用いてもよい。

【0060】

【表 2】

【0061】

※ ※【表 3】

n	0	± 1	± 2	± 3	± 4
$2^{-1/2}h$	45/64	19/64	-1/8	-3/64	3/128
$2^{-1/2}h'$	1/2	1/4	0	0	0

【0062】また、これ以外にもウェーブレット変換を行うことのできる関数であれば、いかなる関数を用いてもよく、例えば双直交ではなく対称ではないが直交するものを用いてもよい。

【0063】さらに、表 1、2 および 3 に示すように  $n=0$  の軸に関して左右対称な関数のみではなく、 $n=0$  の軸に関して左右非対称な関数を用いてウェーブレット★

$$g[n] = g'[-n]$$

$$h[n] = h'[-n]$$

但し、 $[-n]$  は左右反転を表す。

【0064】となる。

【0065】さらに、上述した実施の形態においては、ウェーブレット変換により、画像を多重解像度画像に変換するようにしているが、これに限定されるものではなく、上述したラブラシアンピラミッドの手法やフーリエ変換により画像を多重解像度に変換するようにしてもよいものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による画像処理方法の基本的概念を表す図

【図 2】本発明に用いられる画像信号の読み取り方式を表す図

【図 3】ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図 4】ウェーブレット変換係数信号を表す図

【図 5】ウェーブレット変換係数信号に対して閾値処理

★変換を行うようにしてもよいものである。このように左右非対称な関数を用いてウェーブレット変換を行った場合は、ウェーブレット変換を行った関数を  $n=0$  の軸に関して左右を反転させた関数を用いて逆ウェーブレット変換を行うものである。すなわち、左右非対称な関数  $g$ ,  $h$  について、逆ウェーブレット変換を行う関数  $g'$ ,  $h'$  は、

$$\dots(3)$$

を施すテーブルを表す図

【図 6】逆ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図 7】原画像データのコントラストを低減させるテーブルを表す図

【図 8】原画像データのコントラストを元に戻すテーブルを表す図

【図 9】ウェーブレット変換に用いられる基本ウェーブレット関数を表す図

【図 10】ウェーブレット変換を説明するための図

【図 11】フーリエ変換を説明するための図

【符号の説明】

10 蓄積性蛍光体シート

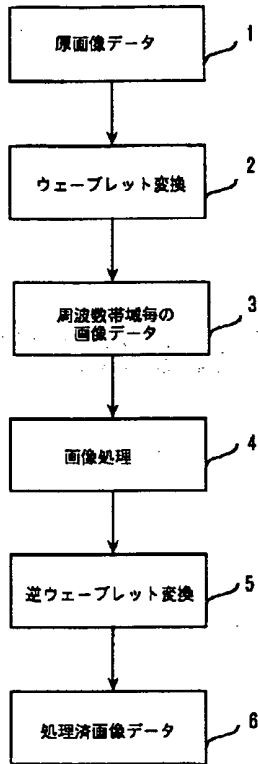
40  $h$ ,  $h'$ ,  $g$ ,  $g'$  ウェーブレット変換を行うための関数

$VV_i$ ,  $VW_i$ ,  $WV_i$ ,  $WW_i$  ( $i=1\sim n$ )

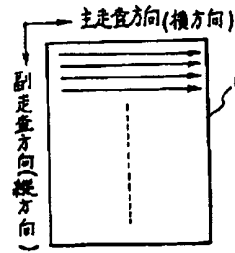
ウェーブレット変換係数信号

(8)

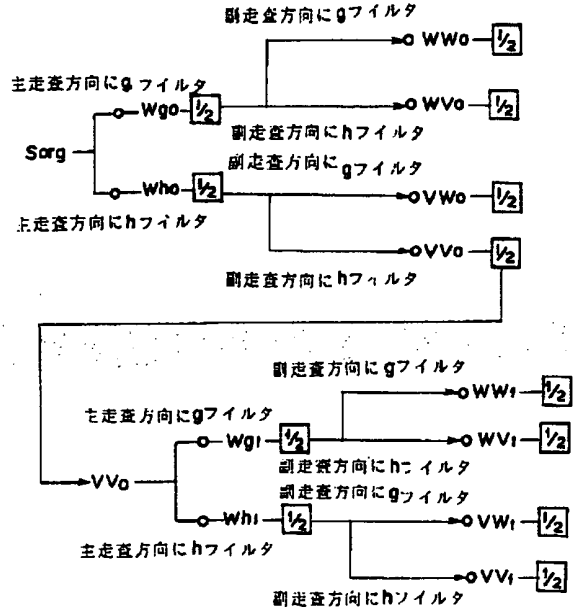
【図1】



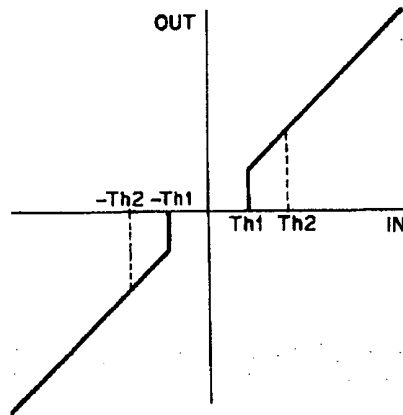
【図2】



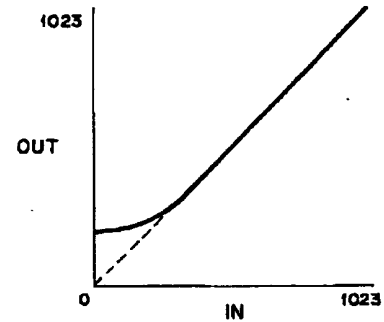
【図3】



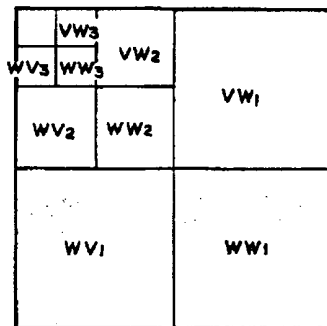
【図5】



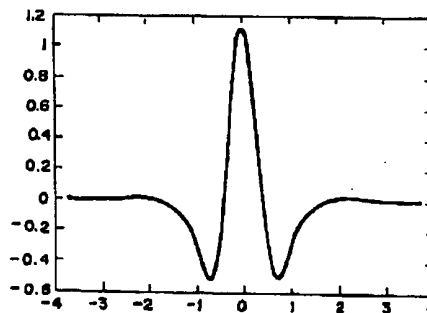
【図7】



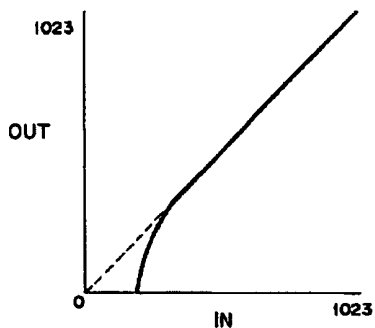
【図4】



【図9】

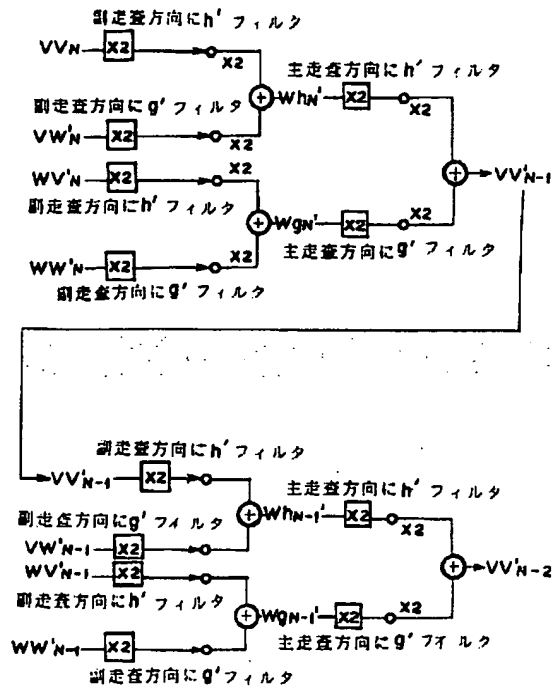


【図8】

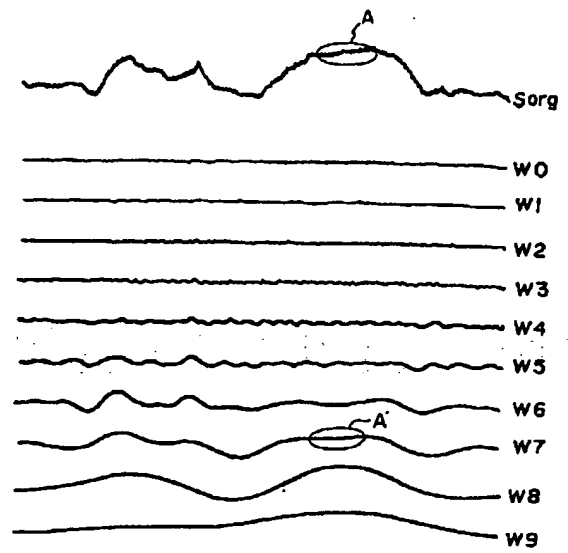


(9)

【図6】



【図10】



【図11】

